

FORMATION OF DOMAIN INVERSION STRUCTURE OF FERROELECTRIC SUBSTANCE

Publication number: JP6242478

Publication date: 1994-09-02

Inventor: HARADA AKINORI

Applicant: FUJI PHOTO FILM CO LTD

Classification:

- International: G02B6/12; G02F1/35; G02F1/355; G02F1/37; G02F1/377; G02B6/12; G02F1/35; (IPC1-7): G02F1/37; G02B6/12; G02F1/35

- european: G02F1/355R; G02F1/377Q

Application number: JP19930029206 19930218

Priority number(s): JP19930029206 19930218

Also published as:

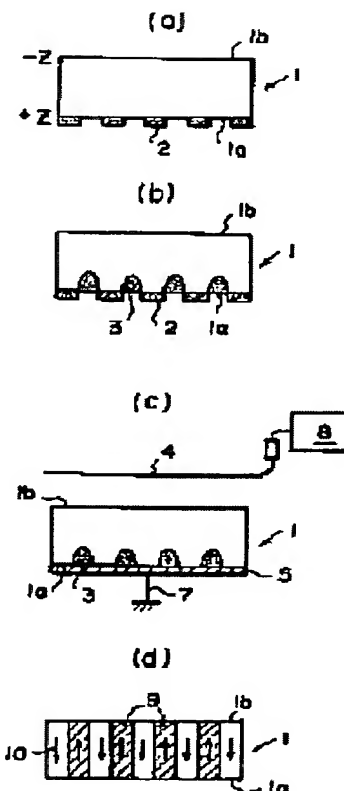
US5568308 (A)

Report a data error he

Abstract of JP6242478

PURPOSE: To deeply form domain inversion structures of a prescribed period on an MgO-LN substrate and MgO-LT substrate with good controllability without generating the crystal destruction of these substrates.

CONSTITUTION: The MgO-LN substrate doped with MgO in amt. within a 3 to 9mol% range is used as the MgO-LN substrate 1 at the time of forming proton exchange parts 3 of prescribed patterns on the MgO-LN substrate 1 subjected to monopolarization, then forming the local domain inversion parts 9 by impressing an electric field to these proton exchange parts 3 via a corona wire 4 from a high-voltage power source 8.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-242478

(43)公開日 平成 6年(1994) 9月 2日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/37		9316-2K		
G 0 2 B 6/12	J	8106-2K		
G 0 2 F 1/35		9316-2K		

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-29206

(22)出願日 平成 5年(1993) 2月18日

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 原田 明憲

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富
士写真フイルム株式会社内

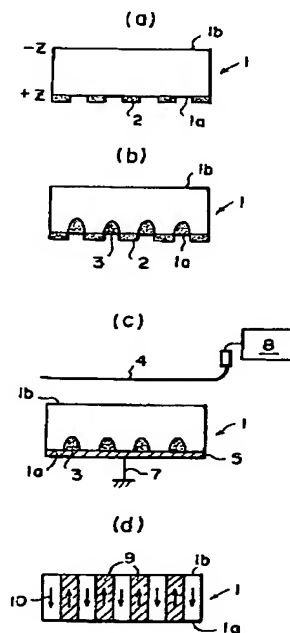
(74)代理人 弁理士 柳田 征史 (外 1名)

(54)【発明の名称】 強誘電体のドメイン反転構造形成方法

(57)【要約】

【目的】 MgO-LN基板やMgO-LT基板の結晶破壊を招くことなく、それらの基板に所定周期のドメイン反転構造を深く、制御性良く形成する。

【構成】 単分極化されたMgO-LN基板1に、所定パターンのプロトン交換部3を形成した後、このプロトン交換部3に高圧電源8からコロナワイヤー4を介して電場を印加して局所的なドメイン反転部9とする際に、MgO-LN基板1としてMgOのドーパ量が3 mol%～9 mol%の範囲内にあるものを用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 単分極化された非線形光学効果を有する強誘電体に電場を印加して局所的なドメイン反転部を形成する方法において、前記強誘電体として、MgOのドーピング量が3 mol%～9 mol%の範囲内にあるMgO-LiNbO₃、基板あるいはMgO-LiTaO₃、基板を用いることを特徴とする強誘電体のドメイン反転構造形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、基本波を第2高調波等に変換する光波長変換素子を作成するために、非線形光*

$$\Lambda c = 2\pi / \{ \beta(2\omega) - 2\beta(\omega) \} \quad \dots\dots(1)$$

ただし $\beta(2\omega)$ は第2高調波の伝搬定数

$2\beta(\omega)$ は基本波の伝搬定数

で与えられるコヒーレント長 Λc の整数倍になるように設定することで、基本波と第2高調波との位相整合を取ることができる。非線形光学材料のバルク結晶を用いて波長変換する場合は、位相整合する波長が結晶固有の特定波長に限られるが、上記の方法によれば、任意の波長

に対して(1)を満足する周期 Λ を選択することにより、効率良く位相整合を取ることが可能となる。
【0003】上述のような周期ドメイン反転構造を形成する強誘電体として従来より、例えばアプライド・フィジックス・レター(Applied Physics Letter) Vol. 59 (21), 18 November 1991 pp2657～2659に記載されているように、MgOがドーピングされたLiNbO₃、(MgO-LN)が好適に用いられ得ることが分かっている。すなわち、このMgO-LNは、MgOがドーピングされていないLiNbO₃、(LN)と比べると光損傷しきい値が2桁以上も高いので、このMgO-LNに周期ドメイン反転構造を形成すれば、極めて高い波長変換効率の下に高強度の波長変換波を発生する光波長変換素子が得られるようになる。

【0004】また同じように周期ドメイン反転構造を形成するのに適した強誘電体として、MgOがドーピングされたLiTaO₃、(MgO-LT)も公知となっており、これらの強誘電体を用いて光導波路型やバルク結晶型の光波長変換素子を作成する試みが従来より種々なされている。

【0005】上記のMgO-LNやMgO-LTに周期ドメイン反転構造を形成する方法として具体的には、軟化させたMgO-LNのインゴットを引き伸ばしてファイバーを作成する際に、その引き伸ばされている部分に局所的にレーザビームを照射して自発分極を反転させる、という方法が知られている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし上述のような方法では、基板状態のMgO-LNやMgO-LTに周期ドメイン反転構造を形成することは不可能である。光導

* 学効果を有する強誘電体に所定パターンのドメイン反転構造を形成する方法に関し、特に詳細には、強誘電体としてMgOがドーピングされたLiNbO₃、あるいはLiTaO₃、の基板を用いるドメイン反転構造形成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】非線形光学効果を有する強誘電体の自発分極(ドメイン)を周期的に反転させた領域を設けた光波長変換素子を用いて、基本波を第2高調波に波長変換する方法が既にBleombergenらによって提案されている(Phys. Rev., vol. 127, No. 6, 1918 (1962) 参照)。この方法においては、ドメイン反転部の周期 Λ を、

波路型の光波長変換素子を作成する場合は、このような強誘電体の基板に周期ドメイン反転構造を形成することが不可欠であり、一方バルク結晶型の光波長変換素子も多くは強誘電体の基板から作成されるので、基板状態の強誘電体にドメイン反転構造を形成することができない上記の従来方法は、実用的価値がさほど高いとは言えない。

【0007】強誘電体の基板に周期ドメイン反転構造を形成する方法としては、基板表面に設けた周期電極マスクなどを介して該基板に電場を印加する、という方法が広く知られている。しかしこのような方法では、例えばLT基板を用いる場合は200kV/cm程度の高い電場を加える必要があり、そのために強誘電体の結晶破壊を招きやすく、周期ドメイン反転構造を所定パターンに制御性良く形成することが難しいという問題が認められている。またこの方法には、ドメイン反転部を深く形成するのが難しい、という問題もある。

【0008】本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、MgO-LN基板やMgO-LT基板の結晶破壊を招くことなく、それらの基板に所定周期のドメイン反転構造を深く、制御性良く形成することができる強誘電体のドメイン反転構造形成方法を提供することを目的とするものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明による強誘電体のドメイン反転構造形成方法は、単分極化された非線形光学効果を有する強誘電体に電場を印加して局所的なドメイン反転部を形成する方法において、上記強誘電体として、MgOのドーピング量が3 mol%～9 mol%の範囲内にあるMgO-LN基板あるいはMgO-LT基板を用いることを特徴とするものである。

【0010】

【作用および発明の効果】本発明者の研究によると、MgO-LNやMgO-LTにおいてその自発分極が反転する最小の電場(しきい値電場)は、MgOのドーピング量が増大するのに従って低下することが分かった。図11には、MgO-LNにおけるMgOドーピング量としきい値電

場との関係を示す。図示されているように、MgOドーブ量が5 mol%に達すると、しきい値電場はMgOがドーブされていない場合の約1/10にまで低下し、それ以上は低下しない。

【0011】そしてMgOドーブ量が3 mol%であれば、しきい値電場はMgOがドーブされていない場合の約1/5まで低下し、この程度以下の電場を印加する限りMgO-LNの結晶破壊が生じないことが確認された。そこで本発明においては、MgOドーブ量の下限値を3 mol%とするものである。一方MgOドーブ量が9 mol%を超えると、MgO-LNの結晶性が急激に悪化し、周期のアスペクト比の制御性およびドメインの深さが均一なドメイン反転部を形成することが不可能となる。そこで本発明においては、MgOドーブ量の上限値を9 mol%とするものである。

【0012】以上、MgO-LNについて説明したが、MgOドーブ量としきい値電場との関係はMgO-LTについても同様であり、そこで本発明においては、MgO-LT基板を用いる場合も、MgOのドーブ量が3 mol%~9 mol%の範囲内にあるものを用いる。

【0013】また、強誘電体に電場を印加してドメイン反転部を形成すると、電場印加により、ドメイン反転部が電場に沿って長く成長するようになる。そこで、このドメイン反転部を極めて深く形成することができ、ドメイン反転部と基本波との重なり積分を大きく確保して、波長変換効率を十分に高めることが可能となる。また、このようにドメイン反転部を極めて深く形成できれば、ドメイン反転部を強誘電体基板の一表面から他表面まで同一断面形状で延ばすことも可能で、その周期精度を大幅に向上させることができる。またこの方法は、電子線ビーム照射等に比べるとプロセスが容易で、大面積の処理を一度に行なうことができ、よって生産性にも優れたものとなる。

【0014】

【実施例】以下、図面に示す実施例に基づいて本発明を詳細に説明する。まず図1を参照して、本発明の第1実施例について説明する。この図1中、1は非線形光学効果を有する強誘電体であるMgO-LNの基板である。このMgO-LN基板1はMgOドーブ量が5 mol%のもので、単分極化処理がなされて厚さ0.5 mmに形成され、最も大きい非線形光学定数 d_{33} が有効に利用できるようにz面で光学研磨されている。この基板1の+z面1a上に金属Taをスパッタして厚さ50nmのTa薄膜を形成した後、フォトリソグラフィとドライエッチングにより、同図(a)に示されるようなTaマスク2の周期パターンを形成する。このパターンの周期 Λ は、MgO-LNの屈折率の波長分散を考慮し、基板1のx方向に沿って880 nm近辺で1次の周期となるように4 μ mとした。

【0015】次に上記基板1に対して、ピロリン酸中で

230 °C×15分間のプロトン交換処理を行ない、同図

(b)に示されるような厚み0.5 μ mの周期プロトン交換部3を形成する。このプロトン交換後、Taマスク2はNaOHとH₂O₂の混合エッチング液で除去する。

【0016】さらに、後述の電場印加をする際の電位を均一にするため、同図(c)に示すように基板1の+z面1aに金属Pt5をEB蒸着する。このようにして作成したサンプルを室温に保ち、金属Pt5をアース7に落とした上で、基板1の-z面1b側に配したコロナワイヤ4を用いて該サンプルにコロナ帯電により電場を印加した。本実施例では、高圧電源8からコロナワイヤ4を介して1 kVの電圧を5分間印加した。以上の処理後、金属Pt5を除去し、y面を切断、研磨した後、HFとHNO₃とが1:2に混合されてなるエッチング液を用いて選択エッチングを行なった。

【0017】この基板1の断面(y面)を観察したところ、同図(d)に示すようにプロトン交換部3が形成されていた箇所において、 $\Lambda=4 \mu$ mの周期で-z面から+z面まで貫通する周期ドメイン反転部9が形成されているのが確認された。なおこの図1(d)の矢印10は、分極の方向を示している。

【0018】なおこの後にチャンネル導波路を形成する場合には、プロトン交換した領域の屈折率変化が導波路の伝搬損失に影響するので、屈折率を均一化してこの影響を回避するために、例えば400 °Cで4時間アニール処理を行なう。

【0019】上記の方法において、MgO-LN基板1に加わる電場は20kV/cmであった。それに対して、MgO-LN以外の非線形光学効果を有する強誘電体として良く知られているLTの基板に電場を印加してドメイン反転構造を形成する場合は、200kV/cm程度の高い電場を印加しないとその自発分極を反転させることができない。本発明による上記の方法では、それよりも1桁低い電場を印加するだけでMgO-LN基板1の自発分極が反転しており、したがって、高電場印加による基板1の結晶破壊を招くことなく、周期ドメイン反転部9を制御性良く形成可能となる。

【0020】次に本発明の第2実施例を説明する。本実施例において強誘電体としては、第1実施例のものと同様のMgOドーブ量が5 mol%のMgO-LN基板が用いられる。まずこの基板の+z面上にフォトリソグラフィにより第1実施例と同様の周期のマスクパターンを形成する。次に金属Tiをスパッタして65nmの厚さのTi薄膜を形成した後、リフトオフによりTiの周期パターンを形成する。次にウェット酸素雰囲気中で1035°C×10時間のTi拡散処理を行ない、周期的なTi拡散部を形成する。

【0021】その後、第1実施例と同様にサンプルをコロナ帯電させることにより、上記のTi拡散部を周期ドメイン反転部とした。y面の断面を観察したところ、こ

の場合もドメイン反転部が、基板を貫通する状態に深く形成されていることが確認された。

【0022】次に本発明の第3実施例を説明する。本実施例においても強誘電体としては、第1実施例のものと同様のMgOドーピング量が5 mol%のMgO-LN基板が用いられる。まずこの基板の+z面上にSiO₂をスパッタして、厚さが100 nmのSiO₂薄膜を形成する。その後、フォトリソグラフィーとドライエッチングにより、第1実施例と同様の周期のSiO₂マスクパターンを形成する。次に1100℃の酸素雰囲気中で熱処理することにより、周期的なLiの外拡散部を形成する。

【0023】その後第1実施例と同様にPtを蒸着後、サンプルをコロナ帯電させることにより、上記のLi外拡散部を周期ドメイン反転部とした。y面の断面を観察したところ、この場合もドメイン反転部が、基板を貫通する状態に深く形成されていることが確認された。

【0024】次に、第1実施例で作成された1次の周期ドメイン反転構造を有する導波路型光波長変換素子について説明する。図3にこの導波路型光波長変換素子の概略構成を示す。なおこの図3において、図1中の要素と同等のものには同番号を付し、それらについての重複した説明は省略する(以下、同様)。第1実施例の通りにしてMgO-LN基板1に周期ドメイン反転部9を形成した後、x方向に光が伝搬するようにチャンネル導波路12を形成する。このチャンネル導波路12は、以下の通りにして形成する。基板1の-z面上に金属Taをスパッタして厚さ50nmのTa薄膜を形成した後、フォトリソグラフィーとドライエッチングにより幅4μmのマスクパターンを形成する。次に上記MgO-LN基板1に対して、ピロリン酸中で230℃×15分間プロトン交換処理を行ない、TaマスクをNaOHとH₂O₂の混合エッチング液で除去した後、300℃で5分間アニールし、チャンネル導波路12を作成する。最後に、こうして作成したチャンネル導波路型光波長変換素子20の入力端20aおよび出力端20bをエッジ研磨する。

【0025】以上のようにして作成した導波路型光波長変換素子20に、基本波として波長λのレーザ光を入力端20aから入射させると、導波-導波モードの位相整合が取られて、出力端20bから波長λ/2の第2高調波を効率良く出射させることができる。

【0026】一例として、基本波光源にレーザダイオードを用いた場合について、図4を参照して説明する。レーザダイオード13から出射した基本波としてのレーザビーム14(波長=880 nm)はコリメートレンズ15によって平行光化された後、λ/2板16でチャンネル導波路12のz軸方向に偏光方向を合わせ、集光レンズ17により集光されてチャンネル導波路12の端面12aにおいて収束する。それにより基本波14はチャンネル導波路12内に入射し、そこを導波する。

【0027】導波モードで進行する基本波14は、導波路

12中の周期ドメイン反転領域で位相整合して第2高調波18に波長変換される。この第2高調波18もチャンネル導波路12を導波モードで伝搬し、出力端20bから効率良く出射する。出力された第2高調波18の偏光方向もz軸方向であるので、MgO-LNの最も大きい非線形光学定数d₃₃が利用されていることになる。ここでレーザダイオード13の出力が100mW、導波路型光波長変換素子20の基本波との相互作用長が9mmのとき、第2高調波出力は5mWであった。

【0028】次に、上記第1実施例で周期ドメイン反転構造が形成されたMgO-LN基板1からバルク結晶型の光波長変換素子を作成した場合について説明する。基板1のx面および-x面を研磨してそれぞれ光通過面40a、40bとすることにより、図5に示すようなバルク結晶型の光波長変換素子40が得られる。この周期ドメイン反転構造を有するバルク結晶型光波長変換素子40を、同図に示すレーザダイオード励起YAGレーザの共振器内に配置した。

【0029】このレーザダイオード励起YAGレーザは、波長809 nmのポンピング光としてのレーザビーム43を発するレーザダイオード44と、発散光状態のレーザビーム43を収束させる集光レンズ45と、Nd(ネオジウム)がドーピングされたレーザ媒質であって上記レーザビーム43の収束位置に配されたYAG結晶46と、このYAG結晶46の前方側(図中右方)に配された共振器ミラー47とからなる。光波長変換素子40は結晶長が1mmとされ、この共振器ミラー47とYAG結晶46との間に配置されている。

【0030】YAG結晶46は波長809 nmのレーザビーム43により励起されて、波長946 nmのレーザビーム48を発する。この固体レーザビーム48は、所定のコーティングが施されたYAG結晶端面46aと共振器ミラー47のミラー面47aとの間で共振し、光波長変換素子40に入射して波長が1/2すなわち473 nmの第2高調波49に変換される。基本波としての固体レーザビーム48と第2高調波49は、周期ドメイン反転領域において位相整合(いわゆる疑似位相整合)し、ほぼこの第2高調波49のみが共振器ミラー47から出射する。

【0031】本例においては、レーザダイオード44の出力が200 mWのとき、1 mWと高出力の第2高調波49が得られた。このように極めて高い波長変換効率を得られたことにより、ドメイン反転部9がMgO-LN基板1の厚さ方向全域に亘って制御性良く形成されていることが実証された。

【0032】次に図2を参照して本発明の第4実施例について説明する。この第4実施例の方法は、前述した第1実施例の方法とは電場印加方法が異なるものである。すなわちこの場合は、MgO-LN基板1の+z面1a、-z面1bの双方に電極として金属Pt5を蒸着し、これらの電極を介して電源11から直流電圧、あるいは

はパルス電圧を印加する。

【0033】なお上記のような電場印加方法は、第2実施例のようにTi拡散部の自発分極を反転させる方法、あるいは第3実施例のようにLi外拡散部の自発分極を反転させる方法に対しても同様に適用可能である。

【0034】次に、本発明の第5実施例について説明する。図6は、本発明の第5実施例によりドメイン反転構造を形成する様子を示している。この図6において、4、7および8はそれぞれ、第1実施例において使用されたものと同様のコロナワイヤー、アース、電源であり、1も第1実施例において使用されたものと同様のMgOドープ量が5 mol%のMgO-LN基板である。このMgO-LN基板1の光学研磨された+z面1aには、図6の(a)に示すように、所定周期 $\Lambda = 4 \mu\text{m}$ で繰り返す周期電極60が公知のフォトリソ法によって設けられる。

【0035】そして、第1実施例におけるのと同様にしてコロナ帯電によりMgO-LN基板1に電場を印加すると、該基板1の周期電極60に対向している部分59のみの分極が選択的に反転し、ドメイン反転部となる。これらのドメイン反転部は電場の向きに沿って成長し、最終的には図6の(b)に示すように、基板1を貫通するまで十分深く成長する。したがって、このドメイン反転部とその他の部分とは、基板1の深さ(厚さ)方向の長い領域に亘って互いに明確に区別して形成されることになる。

【0036】次いで基板1のy面を切断、研磨した後、HF(フッ酸)とHNO₃とが混合されてなるエッチング液を用いて選択エッチングを行なった。そしてこの基板1の断面(y面)を観察したところ、周期電極60が形成されていた箇所において、 $\Lambda = 4 \mu\text{m}$ の周期で-z面から+z面まで貫通する周期ドメイン反転部9が制御性良く形成されているのが確認された。

【0037】次に図7を参照して、本発明の第6実施例について説明する。この第6実施例の方法は、上述した第5実施例の方法とは電場印加方法が異なるものである。すなわちこの場合は、MgO-LN基板1の-z面1bに電極として全面的に金属Pt5を蒸着し、この電極5および周期電極60を介して電源11から直流電圧、あるいはパルス電圧を印加する。

【0038】次に、本発明の第7実施例について説明する。図8は、本発明の第7実施例によりドメイン反転構造を形成する様子を示している。この図8において、1は第1実施例において使用されたものと同様のMgOドープ量が5 mol%のMgO-LN基板である。このMgO-LN基板1の光学研磨された+z面1aには、同図(a)に示すように、所定周期 $\Lambda = 4 \mu\text{m}$ で繰り返す周期電極60が公知のフォトリソ法によって設けられる。

【0039】そして同図(b)に示すように、周期電極60をアース7に落とした上で、図9に示す温度プログラ

ムに従ってMgO-LN基板1を熱処理する。すなわち該基板1は100℃まで加熱された後、急速冷却される。すると焦電効果により、表面電荷が発生し、この表面電荷により基板1に電場が印加される。本実施例では、基板1の-z面1bの表面電位は3.5 kV、-z面1bおよび+z面1a間に加わる電場は70 kV/cmであった。

【0040】このようにして基板1に電場が印加されることにより、該基板1の周期電極60に対向している部分のみの分極が選択的に反転し、ドメイン反転部となる。これらのドメイン反転部は電場の向きに沿って成長し、最終的には、基板1を貫通するまで十分深く成長する。したがって、このドメイン反転部とその他の部分とは、基板1の深さ(厚さ)方向の長い領域に亘って互いに明確に区別して形成されることになる。

【0041】次いで第6実施例の場合と同様にして基板1をエッチングした後、その断面(y面)を観察したところ、図8の(b)に示すように、周期電極60が形成されていた箇所において、 $\Lambda = 4 \mu\text{m}$ の周期で-z面から+z面まで貫通する周期ドメイン反転部9が制御性良く形成されているのが確認された。

【0042】なお、以上説明した焦電効果による電場印加法は、第1~6実施例の方法において、それぞれの電場印加法に代えて適用することも可能である。

【0043】次に、本発明の第8実施例について説明する。図10は、本発明の第8実施例によりドメイン反転構造を形成する様子を示している。この第8実施例においては、同図の(a)に示すように、y面で光学研磨されたMgO-LN基板70が用いられ、その+y面70a上には、周期的に繰り返す周期電極71aが形成されたくし歯状の電極71aが設けられるとともに、それと若干の間隔を置いて平板状の対向電極72が設けられる。なお本例では、周期電極71aと対向電極72との間隔は100 μm に設定されている。

【0044】そして電源11により上記電極71、72間に電圧を印加すると、各周期電極71aと対向電極72との間の間隔が上述のように特に狭くなっているために、この間隔に対向する基板1の部分に大きな電場が作用して、同図の(b)に示すように、その基板部分の自発分極が反転する。以上のようにして形成されるドメイン反転部9は、周期電極71aの並び方向すなわちx軸方向に周期的に連なり、それらによって周期ドメイン反転構造が構成されることになる。

【0045】以上の方法においては、電極71、72間に印加する電圧を比較的低い500 Vに設定したとき、周期電極71aのパターンに正確に対応した周期ドメイン反転構造を形成することができた。それに対して、MgO-LN基板70の代わりにLN基板およびLT基板を用いて同様の方法を実施した場合は、電極71、72間に印加する電圧を3 kVと高く設定しても、自発分極の反転は確認さ

れなかった。

【0046】なお以上の各実施例においてはMgO-LN基板が用いられているが、その代わりにMgO-LT基板を用いてもよい。しかしMgO-LNの非線形光学定数 d_{33} は 34 pm/V と、MgO-LTの非線形光学定数 d_{33} は 18 pm/V に比べて十分に大きいので、より高い波長変換効率を得る上ではこのMgO-LN基板を用いるのが好ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例の方法により周期ドメイン反転構造を形成する様子を示す概略図

【図2】本発明の第4実施例の方法により周期ドメイン反転構造を形成する様子を示す概略図

【図3】周期ドメイン反転構造を有する導波路型光波長変換素子の概略斜視図

【図4】図3の光波長変換素子の使用状態を示す概略側面図

【図5】本発明によりドメイン反転構造が形成された光波長変換素子を備えた固体レーザーの側面図

【図6】本発明の第5実施例の方法により周期ドメイン反転構造を形成する様子を示す概略図

【図7】本発明の第6実施例の方法により周期ドメイン反転構造を形成する様子を示す概略図

【図8】本発明の第7実施例の方法により周期ドメイン反転構造を形成する様子を示す概略図

【図9】上記第7実施例の方法における熱処理の温度プログラムを示すグラフ

【図10】本発明の第8実施例の方法により周期ドメイン

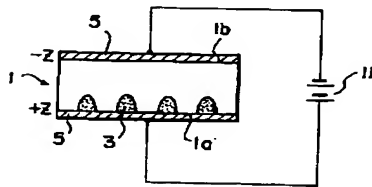
＊ン反転構造を形成する様子を示す概略図

【図11】MgO-LNの自発分極が反転するしきい値電場と、MgOドーパ量との関係を示すグラフ

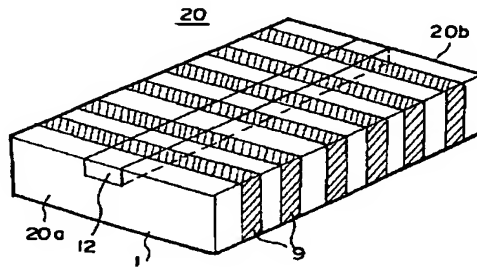
【符号の説明】

- 1 MgO-LiNbO₃、単分極化基板(z板)
- 2 Taマスクパターン
- 3 プロトン交換部
- 4 コロナワイヤー
- 5 金属Pt電極
- 7 アース
- 8、11 電源
- 9 ドメイン反転部
- 12 チャンネル導波路
- 13、44 レーザダイオード
- 14 レーザビーム(基本波)
- 15 コリメートレンズ
- 16 $\lambda/2$ 板
- 17、45 集光レンズ
- 18、49 第2高調波
- 20 導波路型光波長変換素子
- 40 バルク結晶型光波長変換素子
- 43 レーザビーム(ポンピング光)
- 46 YAG結晶
- 47 共振器ミラー
- 48 固体レーザービーム(基本波)
- 60、71a 周期電極
- 70 MgO-LiNbO₃、単分極化基板(y板)
- 72 電極

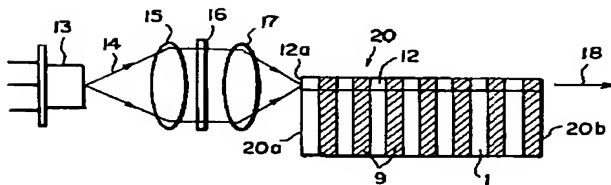
【図2】



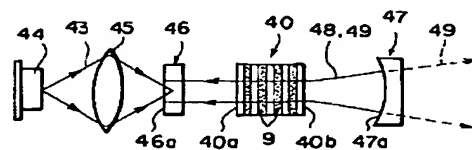
【図3】



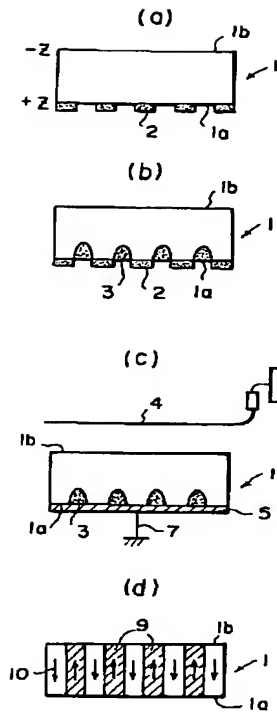
【図4】



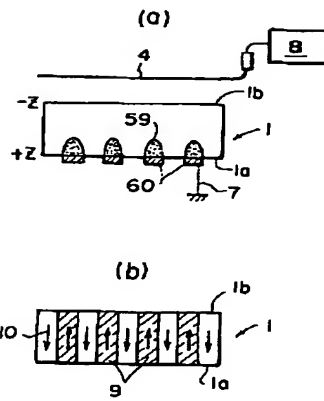
【図5】



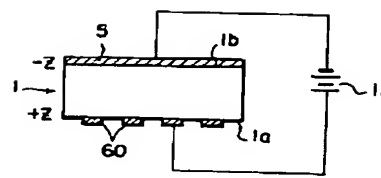
【図1】



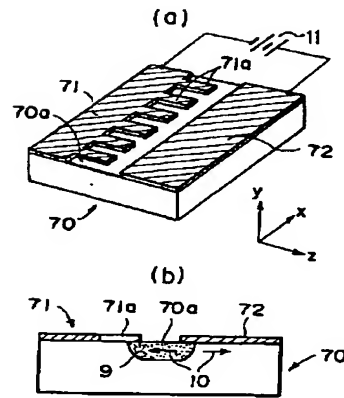
【図6】



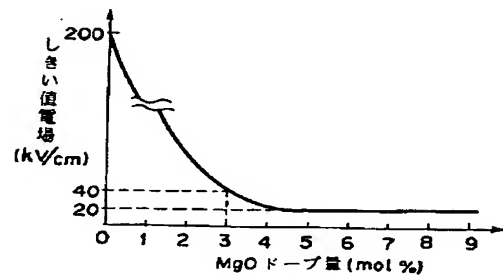
【図7】



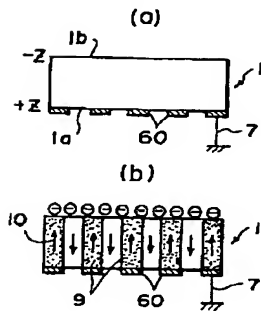
【図10】



【図11】



【図8】



【図9】

